

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

**Katedra obrábění, montáže a strojírenské
metrologie**

**Vliv mikrogeometrie soustružnické VBD na její užité
vlastnosti**

**Microgeometry Influence of Turning Inserts on its
Utility Properties**

Student:

Jan John

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.

Ostrava 2016

Zadání bakalářské práce

Student:

Jan John

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

2303R002 Strojírenská technologie

Téma:

Vliv mikrogeometrie soustružnické VBD na její užité vlastnosti
Microgeometry Influence of Turning Inserts on its Utility Properties

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

1. Obecná charakteristika daného problému.
2. Soustružnické VBD.
3. Návrh mikrogeometrie pro vybranou VBD.
4. Diskuse experimentů.
5. Technicko - ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:


- [1] HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Brno : MM Publishing Praha, 2008, 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
- [2] ČEP, Robert. *Zkoušky nástrojů z řezné keramiky v podmínkách přerušovaného řezu – disertační práce*. Ostrava : VŠB – TU Ostrava Fakulta strojní, 2005. 101 s.
- [3] WHITNEY, E. Dow. *Ceramics Cutting Tools – Materials, Development and Performance*. Gainesville, Florida : Noyes Publication New Jersey, 1994, 350 p. ISBN 0-8155-1355-0.
- [4] ZAJAC, Jozef; JURKO, Jozef; ČEP, Robert. *Top trendy v obrábění, II. část – Nástrojové materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 193 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [5] VASILKO, Karol. *Analytická teória trieskového obrábania*. Prešov : COFIN Prešov, 2007. 338 s. ISBN 978-80-8073-759-7.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.**

Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016



doc. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petrů, Ph.D.
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

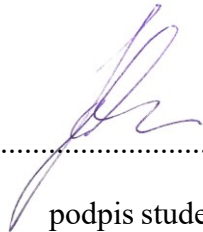


MÍSTOPŘÍSEŽNÉ PROHLÁŠENÍ STUDENTA

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

Tato práce byla vypracována se souhlasem vedení společnosti Dormer Pramet s.r.o. v Šumperku.

V Ostravě 16. 5. 2016

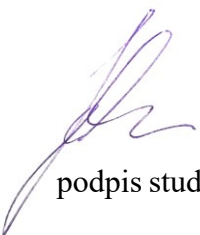


.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.
-

V Ostravě 16. 5. 2016



podpis studenta

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Nová čtvrť 317

Ruda nad Moravou

78963

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

John, J. *Vliv mikrogeometrie soustružnické VBD na její užité vlastnosti*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2016, 46 s. Vedoucí práce: Vrba, V.

Bakalářská práce se zabývá vlivem mikrogeometrie soustružnické VBD na její užité vlastnosti, zejména pak vlivem výšky utvařeče. V úvodu je stručně popsána historie a zaměření firmy Dormer Pramet s.r.o. a obecný základ problematiky vlivu geometrie utvařeče soustružnické VBD na její užité vlastnosti, jejich výroba a použití. Další část práce popisuje charakteristiku zkoušených VBD a teorii vlivu výšky utvařeče na utváření třísky. Následuje hlavní část práce, zabývající se praktickými zkouškami námi zvolených VBD a následnému vyhodnocení. Závěrem práce je shrnutí výsledků a poznatků, které byly z těchto zkoušek získány.

Klíčová slova: VBD, výška utvařeče, soustružení, Pramet

ANOTATION OF BACHELOR WORK

John, J. *Effect microgeometry of turning exchange cutting plate to their usable properties*. Ostrava: VŠB – Technical university of Ostrava, Fakulta strojní, Departement of Machining and Assembly, 2016, 46 s. Vedoucí práce: Vrba, V.

Bachelor work is undercovered in effect microgeometry of turning exchange plate on their usable properties, mostly on effect height of shiver creator. In introduction is described history of the Dormer Pramet works and common base of geometry creator of turning exchange cutting plate and their production and application. Next chapter of this work describes characteristics of tested cutting plates and theory of influen heigh of shiver creator to creating shive. The main chapter of this work is undercovered on practical experiments of chosen cuting plates and evaluation results. In conclusion of work is summary of results and knowledge based of experiments.

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat všem, kteří se jakoukoliv měrou podíleli na vytvoření této práce. Děkuji všem pracovníkům společnosti Dormer Pramet, s.r.o za jejich ochotu a čas strávený při konstrukci a zkoušení VBD, především Ing. Pavlu Krahulovi za odbornou pomoc a vstřícný přístup. Dále děkuji doc. Ing. Vladimíru Vrbovi, CSc., který měl na starosti vedení bakalářské práce. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat všem mým rodinným příslušníkům za jejich podporu a motivaci během studia a za jejich trpělivost.

Obsah

Seznam zkratek a značek	10
1. Obecná charakteristika daného problému	12
1.1 Dormer Pramet	12
2. Soustružnické VBD	13
2.1 Výroba	13
2.1.1 Vstupní surovina	13
2.1.2 Lisování	13
2.1.3 Slinování	14
2.1.4 Broušení dosedacích ploch	14
2.1.5 Broušení obvodových ploch	14
2.1.6 Broušení obvodových fazetek	14
2.1.7 Zaoblení řezné hrany	14
2.1.8 Profilové broušení břitu	15
2.1.9 Povlakování	15
a. PVD (Physical Vapor Deposition)	15
b. CVD (Chemical Vapor Deposition)	16
c. PACVD (Plasma Assisted-CVD)	16
Výhody metody PACVD	16
Technologie PACVD povlakování	17
2.2 Konstrukce VBD	18
2.2.1 Upínací systém VBD	18
2.2.2 Rozdělení upínacích systémů dle ISO	18
a. ISO P	18
b. ISO M	19
c. ISO S	19
d. ISO C	20

e.	ISO G.....	20
f.	ISO X.....	20
2.2.3	Druhy lůžek pro VBD	21
2.2.4	Poloměr špičky.....	21
2.2.5	Typy VBD.....	21
2.2.6	Materiály těla nástroje.....	22
2.3	Konstrukce těla nože.....	22
2.3.1	Velikost a typ těla nože.....	22
2.3.2	Značení těla nože	23
3.	Návrh mikrogeometrie pro vybranou VBD	24
3.1	Obrobitelnost.....	24
3.2	Zatížení při obrábění	25
3.3	Teorie geometrie utvařeče soustružnické VBD	26
3.3.1	Řezná geometrie.....	26
3.3.2	Geometrie fazetky	27
3.3.3	Geometrie utvařeče třísek	27
3.4	Vývoj a použití geometrie.....	29
3.5	Objemový součinitel třísky	29
3.6	Podnikový třídník třísek.....	30
4	Diskuze experimentů	31
4.1	Popis obráběcího stroje	31
4.2	Volba nožového držáku	32
4.3	Volba obráběného materiálu	33
4.4	Volba typu VBD	34
4.5	Provedení experimentu	34
4.6	Prototyp VBD CNMM 120408-BC P01	36
4.7	Prototyp VBD CNMM 120408-BC P02.....	38

4.8	Prototyp VBD CNMM 120408-BC P03.....	40
4.9	Prototyp VBD CNMM 120408-BC P04.....	42
4.10	Srovnání výsledků experimentu u jednotlivých prototypů.	44 1
5.	Technicko ekonomické zhodnocení.....	45
Závěr	46
Seznam obrázků	48
Seznam tabulek	49

Seznam zkratek a značek

VBD - vyměnitelná břitová destička

SK – slinutý karbid

PVD – Physical Vapor Deposition (metoda povlakování)

CVD - Chemical Vapor Deposition (metoda povlakování)

PACVD - Plasma Assisted-CVD (metoda povlakování)

CNC – Computer Numeric Control (počítačem řízený)

HSS – High Speed Steel (rychlořezná ocel)

Úvod

Geometrie VBD a její vliv na utváření a trvanlivost jsou jedny z nejdůležitějších a nejřešených problémů při návrhu a konstrukci soustružnických VBD. Všeobecnou snahou je vyrobit destičku s co nejdelší trvanlivostí a při daných podmínkách s co nejlepším utvářením a odvodem třísky. Tato práce rozebírá zejména vliv výšky utvařeče na trvanlivost destičky a utváření třísky.

Tohle téma pro bakalářskou práci mi nabídla společnost Dormer Pramet s.r.o., jejímž výrobním programem je zejména výroba a distribuce soustružnických a frézovacích destiček ze slinutého karbidu a jejich příslušenství.

Cílem této práce je na základě experimentů, provedených na čtyřech navržených prototypech, zjistit závislost parametru výšky utvařeče třísek na samotném utváření a na základě těchto výsledků vyhodnotit, který prototyp je určen pro určitý typ soustružnické operace.

1. Obecná charakteristika daného problému

Výška utvařeče třísky je velice důležitý parametr mikrogeometrie VBD. Jeho hodnota ovlivňuje způsob utváření třísky při procesu obrábění a je proto důležité, aby byla dobře navržena. Díky správné geometrii VBD můžeme docílit dobrého utváření třísky, což má za následek jak její dobré odcházení z místa řezu, dobrý odvod tepla, její lámání na fragmenty, což je výhodné jak z hlediska bezpečnosti a plynulosti provozu, tak co se týče samotné kvality obrobeného povrchu. Dlouhá a smotaná tříska může být totiž nebezpečná jak pro samotnou obsluhu obráběcího stroje, tak v případě dnes hojně rozšířených obráběcích automatizovaných center, i pro samotné obráběcí stroje.

1.1 Dormer Pramet

Stejně jako ostatní producenti řezných nástrojů, také firma Dormer Pramet intenzivně pracuje na vývoji nových typů VBD, splňující vysoké standardy po stránce vysoké životnosti a dobré funkčnosti soustružnických VBD.

Spojení společností Dormer Tools, výrobce monolitních nástrojů a Pramet Tools, vyrábějící nástroje, osazené vyměnitelnými břitovými destičkami ze slinutého karbidu ve společnost Dormer Pramet umožňuje pokrytí celé škály sortimentu obráběcích nástrojů a svým novým i stávajícím zákazníkům nabízí snadný přístup k celému spektru vysoce kvalitních nástrojů. [4]

Nový sjednocený sortiment výrobků nabízí tedy ucelenou řadu nástrojů pro všechny odvětví strojírenské výroby, a to jak monolitní nástroje, tak nástroje, osazené břitovými destičkami ze slinutého karbidu, které jsou určeny pro všechny druhy operací, jako je frézování, soustružení, vrtání a závitování. [4]

Díky síti více než třiceti poboček, rozmístěné po celém světě, Dormer Pramet poskytuje své služby, které podporují moderní výrobní závody v Evropě i Jižní Americe. O distribuci produktů se stará globální distribuční síť, která je složena z pěti, strategicky rozmístěných, distribučních center. [4]

2. Soustružnické VBD

Jako první je v další části práce popsána výroba VBD po jednotlivých krocích, dále jejich druhy, způsoby upínání a vhodné materiály pro nožové držáky.

2.1 Výroba

Výroba destiček ze slinutých karbidů je složitý proces, skládající se ze základních úkonů, které jsou dále blíže popsány. [2]

2.1.1 Vstupní surovina

Vstupní surovinou je při výrobě VBD slinutý karbid, který je vícesložkovým materiálem. Skládá se z řezné složky, která je tvořena karbidy, jež jsou v mezerách mezi nimi vyplněny zrny pojivové složky. Pojivová složka je kovová, tvoří ji především kobalt, který však v některých aplikacích bývá nahrazován niklem. Pro výsledné vlastnosti materiálů je důležitý především vzájemný poměr řezné a pojivové složky materiálu a dále také rozměr samotných karbidických zrn. Je tedy nutné přesné nadávkování (navážení) jednotlivých složek materiálu a následně homogenizace, která se provádí buď v autritoru, nebo kulovém mlýně za přivádění technologické kapaliny a mlecího média, při procesu jsou také přítomny kuličky samotného slinutého karbidu. Výsledkem procesu je směs karbidické a pojivové složky spolu s mlecím médiem, které je však nutno odstranit. Toto odstanění mlecího média se nazývá sušení a je prováděno v nádobě, kde se kašovitá směs neustále promíchává, aby nedošlo k oddělení jednotlivých složek a dále je vstřikována do sušící věže, kde se díky interním plynům oddělí mlecí médium, samotný tvrdokovový prach je následně zachytáván a uskladněn. [2]

2.1.2 Lisování

Je první fází samotné výroby VBD. Samotný proces začíná odvážením správného množství základního materiálu, který je následně v lisovacím stroji, skládajícího se z matrice, horního a spodního razníku, působením protiběžných sil obou částí stlačován a poté je spodním razníkem vysunut a odebrán automatickým manipulátorem. Výstupem operace lisování je polotovar, který má tvar budoucí destičky. Rozměry výsledné destičky a výstupu po lisování se však liší. Polotovar po lisování má oproti hotové jiné mechanické vlastnosti, je měkký. [2]

2.1.3 Slinování

Je jednou z nejkritičtějších operací při výrobě destičky, neboť na jejím správném provedení závisí následné vlastnosti finálního prouduktu. Pórovitý výlisek je změněn na kompaktní výrobek. Při slinování dochází ke značnému zhutnění, jež je důsledkem zejména procesu rekrystalizace zrn přes tekutý kobalt, celý proces probíhá ve vakuu či ochranné atmosféře po dobu několika hodin a při vysokých teplotách, pohybujících se okolo 1650°C. Polotovár má po slinování již mechanické vlastnosti i rozměry výsledného produktu, následují finální operace. [2]

2.1.4 Broušení dosedacích ploch

U broušení dosedacích ploch jsou broušeny buď jedna, nebo u oboustranných destiček obě dosedací plochy a to pomocí paralelních brusných kotoučů, jejichž vzájemná vzdálenost zaručuje konečnou toleranci výrobku. [2]

2.1.5 Broušení obvodových ploch

U broušení obvodových ploch jsou broušeny plochy po obvodu destičky, a to buď všechny, nebo jen některé a to včetně přechovových rádiusů. Operace je provedena celá na jedno upnutí. [2]

2.1.6 Broušení obvodových fazetek

Provádí se u některých typů destiček k broušení fazetek čelních i hřbetních. [2]

2.1.7 Zaoblení řezné hrany

Zaoblení řezné hrany se provádí z důvodu předejití možného vylomení ostré hrany při provozu VBD. Konkrétní hodnota zaoblení řezné hrany závisí na konkrétním použití VBD, pro které je destička určena. Závisí tedy zejména na obráběcích parametrech, jako jsou hloubka řezu, posuv a řezná rychlost, a dále na materiálu, který bude destička obrábět. Zaoblení se provádí pro většinu obráběných materiálů s výjimkou destiček určených pro obrábění hliníku. Samotná operace zaoblení řezné hrany se provádí tryskáním nebo kartáčováním a jeho hodnota je v řádech desítek mikrometrů. [2]

2.1.8 Profilové broušení břitu

Jedná se o vybroušení speciálního tvaru buď tvarovým kotoučem, který má tvar negativu požadovaného profilu, nebo postupným vybrušováním tvaru. Používá se u speciálních druhů destiček, takzvaných speciálů, nebo u destiček závitových. [2]

2.1.9 Povlakování

Výroba povlakovaných slinutých karbidů probíhá tak, že se na podkladový materiál aplikuje tenká vrstva vysoce tvrdého materiálu, který má zároveň vysokou hodnotu odolnosti vůči opotřebení. Tenká povlaková vrstva je mnohonásobně tvrdší, než jakákoli jiná ze stejného homogenního materiálu. [3]

Jemnější zrnitost materiálu společně s menším výskytem poruch struktury, jako jsou například póry, nebo dutiny, a dále absence pojiva vede k dosažení výše uvedených vlastností, jež jsou pro nás velmi výhodné při použití na obráběcích nástrojích a to jak z hlediska snížení jejich mechanického opotřebení, tak i opotřebení, které je způsobeno difúzí, neboť povlaková vrstva tvoří proti difuzi do materiálu nástroje bariéru.

Dle principu vytváření povlakové vrstvy rozlišujeme tři základní skupiny metod povlakování a to: PVD, CVD, PACVD. [3]

a. PVD (Physical Vapor Deposition)

U této metody tvorby povlaků probíhá jejich aplikace nejčastěji tzv. iontovým plátováním. Tato technologie umožňuje efektivní nanášení povlaků, jež mají různé chemické složení, dobré mechanické vlastnosti a atraktivní vzhled a to na všechny druhy materiálů, včetně tepelně zpracovaných materiálů a plastů. Při procesu iontového plátování narůstá povlaková vrstva díky kondenzaci z plynného skupenství, přičemž tlak je velmi nízký (0,01 -10 Pa). [3]

Látku, kterou chceme nanášet, se převádí do plynného stavu za použití fyzikálního procesu odpařování či rozprašování, jež se děje přímo ve vakuové komoře a to v průběhu samotného povlakování. Při této technologii dopadají ionty plazmatu i na povlakovaný předmět. Díky tomu je možno připravit povrch před samotným pokládáním tzv. iontovým čištěním. [3]

To, jak ionty dopadají na předmět během samotného nanášení, ovlivňuje výsledné vlastnosti povlakové vrstvy, a to z hlediska tvrdosti, vnitřního pnutí atd. Také umožňuje vznik sloučenin při mnohem nižší teplotě, než při rovnovážné reakci. Naprašováním Ti lze v prostředí, které obsahuje N₂, nanášet vrstvu TiN (TiO₂, TiC) v teplotách okolo 200-450°C. Podle toho, jakým způsobem je povlaková látka přiváděna do plynné formy, rozlišujeme tři základní metody plátování a to: magnetronové naprašování, napařování s přídavnou ionizací a obloukové napařování. Použití PVD povlaku umožňuje vyrobit ostřejší břit, než metodou CVD. [3]

b. CVD (Chemical Vapor Deposition)

Tato metoda povlakování využívá ohřev předmětu ve směsi plynů, jako jsou H₂, CO₄, Ar, apod., jejichž reakcí na povrchu povlakovaného předmětu vzniká pevná vrstva kýžené látky (Al₂O₃, TiC, TiCN a další) a to při 1100 °C). [3]

Nevýhodou této metody je nutnost udržovat teplotu, jež je nutná pro rovnovážnou reakci, kterou povlaková vrstva vzniká. V praxi používaná modifikace metody CVD je plazmová polymerace, jež umožňuje nanášet polymerní vrstvy z plynných uhlovodíků, které mají zajímavé vlastnosti, ku příkladu z hlediska odolnosti vůči difuzi, nebo otěruvzdorné povlaky. [3]

c. PACVD (Plasma Assisted-CVD)

U této metody je process CVD aktivovaný plazmou, je tedy umožněno snížit teplotu pro vznik povrchové vrstvy na 470 až 530°C. Jedná se tedy o metodu povlakování, kdy je povlaku dosaženo za mnohem nižší teploty než u klasického CVD povlakování. K tomu, aby nedocházelo k rozměrovým změnám vlivem tepelných procesů, nástroje jsou zušlechťeny na požadovanou tvrdost před provedením PACVD povlaku. Oproti konvenčním povlakům se tato metoda vyznačuje nízkým koeficientem tření (lze dosáhnout hodnoty koeficientu tření 0,1). [3]

Výhody metody PACVD

- Možnost povlakování dutin
- Vlivem nízkého koeficientu tření dosahují delší životnosti
- Dobré tribologické vlastnosti – snížení spotřeby mazadel
- Žádné mikrostrukturní změny

Technologie PACVD povlakování

První operací při povlakování metodou PACVD je iontové čištění povrchu, při němž dojde k vyražení nečistot z povrchu nástroje pomocí iontů procesního plynu, jež dopadají na povrch substrátu. Pro zlepšení povrchových vlastností povrchu, především pro zvýšení adheze, se provádí plazmová nitridace povrchu. Následuje nanesení samotného povlaku vyloučením molekul Ti^+ , N^+ a dalších na polotovaru, jež je záporně nabitý. Pro vznik povrchu s požadovanými vlastnostmi je tento proces řízený. Na volbu tloušťky vrstvy má vliv povlakovaný materiál a podmínky, při kterých bude nástroj pracovat. Tyto povlaky je vhodné použít pro nástroje s vyšší tolerancí a tam, kde nelze použít klasické CVD povlakování. [3]

2.2 Konstrukce VBD

2.2.1 Upínací systém VBD

Mělo by se jednat o první krok při volbě požadovaného řezného systému. Volbu upínacího systému VBD ovlivňují základní parametry, jako jsou velikost obrobku či druh prováděné operace. Například pro hrubování je nutno zvolit zcela jiný systém upínání než pro dokončovací operace obrábění. V současnosti všechny upínací systémy používají mechanický způsob upnutí VBD. [5]

Mezi nejčastěji volené upínací systémy patří upnutí za otvor. U tohoto systému je důležité použití podložky, jelikož díky podložce je možno zajistit potřebnou stabilitu upnutí VBD. Tyto podložky jsou vyrobeny ze slinutého karbidu a upínají se pružným kolíkem v lůžku destičky. Rovněž mají vliv na míru pohlcení řezných sil. Při použití podložky s vhodnou geometrií lze docílit změnu úhlu sklonu destičky v upínacím systému. [5]

Použití vhodného upínacího systému také zajišťuje jednoduchou a bezpečnou manipulaci nástroji. Při použití vícebřitých destiček odpadá přestřování nástroje, jelikož je stačí pouze otočit v upínacím systému. Výhodou těchto upínacích systémů je snadné upnutí pomocí šroubu nebo upínky a díky tomu tedy odpadá nutnost pájet destičky na nožový držák. [5]

2.2.2 Rozdělení upínacích systémů dle ISO

a. ISO P

Upnutí u tohoto systému je provedeno pomocí úhlové páky. Jak je znázorněno na obr.1, jedná se o systém, který je možno použít jak pro dokončovací, tak i pro hrubovací operace pro upnutí negativních destiček s válcovým otvorem. Zpravidla se používají pro vnější soustružení, avšak tohoto upnutí je možno použít i pro vnitřní soustružení otvorů o velkých průměrech. [6]



Obr. 1: Schéma upnutí dle ISO P [7]

b. ISO M

U tohoto systému se upnutí realizuje pomocí pevného čepu, na nějž je nasazena břitová destička. Destička je dotlačena k čepu upínkou zajišťující fixaci VBD i ze shora. Uvolnění VBD lze provést pootočením šroubu, což zajišťuje snadnou manipulaci při potřebné výměně destičky. Většinou se používají pouze pro vnější soustružnické operace, viz obr. 2. [6]



Obr. 2: Schéma upnutí dle ISO M [7]

c. ISO S

V tomto případě se destička upíná přes speciální šroub, který prochází přes kuželový otvor v destičce. Dotažením šroubu dojde k zafixování VBD v držáku, viz obr.3. Díky rozměrové nenáročnosti tohoto systému je možný bezproblémový odchod třísky z místa řezu a použití v místech, kde je pro upnutí VBD málo místa. Použití kuželového otvoru má pozitivní vliv na přesnost při opakovaném upínání VBD. [6]

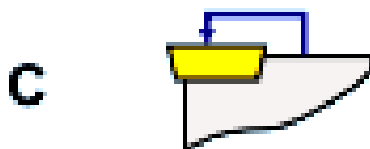


Obr. 3: Schéma upnutí dle ISO S [7]

Vzhledem k tomu, že jsou pozitivní destičky upnuty v neutrální poloze a u vedlejšího břitu tak vznikne relativně velký úhel hřbetu, tohoto systému upínání se využívá především ke kopírovacímu soustružení. Tyto vlastnosti zajišťují dlouhou trvanlivost řezné hrany, čistý řez a dobrou jakost obroběného povrchu. [6]

d. ISO C

Jedná se o systém, který nevyužívá upnutí přes otvor. VBD je přitlačována k nožovému držáku upínkou, která se dotahuje šroubkem, jak je zobrazeno na obr. 4. Tohoto systému lze využít pro obrábění vnější i vnitřní. Vzhledem k relativně malé spolehlivosti upnutí se tento systém nahrazuje systémem ISO S5, především u vnitřního soustružení. [6]



Obr.4: Schéma upnutí dle ISO C [7]

e. ISO G

Tohoto systému se používá při zapichovacích soustružnických operacích a u kopírovacího soustružení. Upnutí je provedeno přes upínku, která tlačí ze shora na destičku. Dosedací plochy na upínce, v destičce a na držáku musí být vytvořeny tak, aby nedošlo k vyvrácení destičky posuvovou složkou řezné síly, viz obr. 5. [6]



Obr. 5: Schéma upnutí dle ISO G [7]

f. ISO X

U jednotlivých výrobců a dodavatelů je tento systém rozdílný, jelikož se jedná o druh se speciálním systémem upnutí. Firma Pramet pod tímto označením vyrábí nožové držáky, u kterých se destička upíná řeznou silou do samosvorného lůžka. Tohoto upnutí se využívá pro upichovací a zapichovací soustružení a je znázorněno na obr. 6. [6]



Obr. 6 Schéma upnutí dle ISO X [7]

2.2.3 Druhy lůžek pro VBD

O zachycení složek řezných sil se stará lůžko, zvolený upínací mechanismus a těleso nástroje. Lůžko destičky musí být tvořeno tak, aby do něj destička byla bez problému zatlačována a složky řezných sil směřovaly k opěrným plochám nožového držáku.

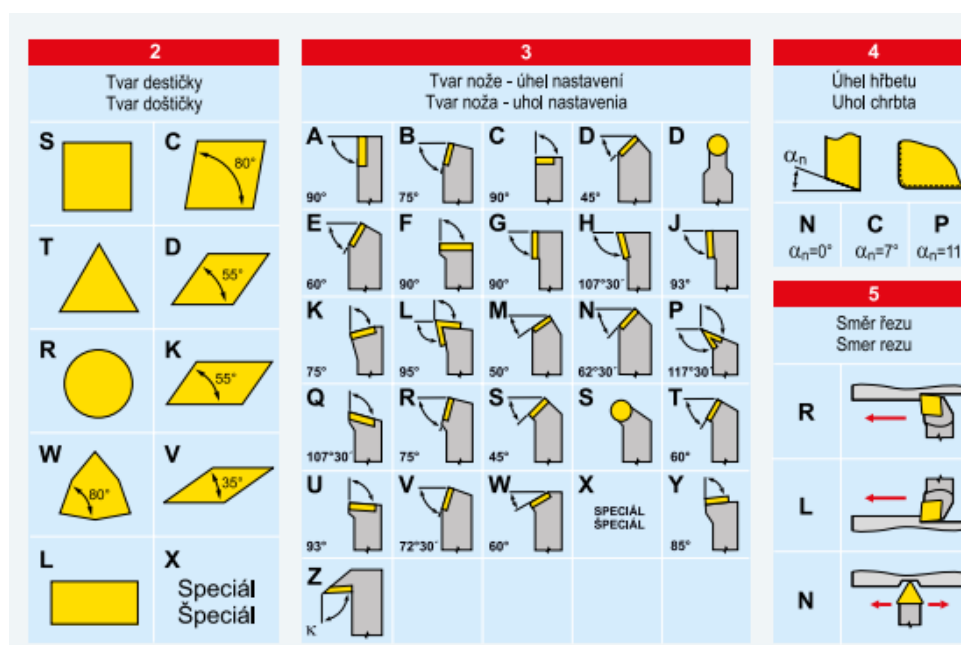
Detaily provedení lůžka jsou u každého výrobce rozdílné. Tvar lůžka spolu s tvarem podložky určují polohu VBD v upínacím systému.

- Jednoduché lůžko s uložením na dvou plochách
- Lůžko s uložením na třech plochách
- Lůžko pro tangenciálně uloženou destičku

2.2.4 Poloměr špičky

Poloměr špičky VBD má velký vliv při obrábění načisto. Nejčastější poloměry použité pro hrubování jsou v rozmezí od 1,2 mm do 2,4 mm. Posuv na otáčku u hrubování se zpravidla volí jako polovina poloměru špičky. Pro zajištění dobré jakosti povrchu posuv na otáčku při soustružení načisto nesmí přesáhnout určitou hodnotu podle následujícího doporučení: posuv na otáčku by měl být maximálně třetina poloměru špičky.

2.2.5 Typy VBD



Obr. 7 Přehled vyráběných typů soustružnických VBD [7]

Společnost Dormer Pramet vyrábí celou škálu tvarů a druhů VBD, jejichž základní přehled je vyobrazen na obr. 7.

Pro volbu vhodné geometrie bříty je nutno zohlednit:

- Výkon a stav stroje
- Stabilita upnutí
- Přerušovaný nebo kontinuální řez
- Režim obrábění

2.2.6 Materiály těla nástroje

Druh a vlastnosti použitého materiálu pro tělo nástroje má vliv na celkové vlastnosti nástroje. Požadavky na řeznou část nástroje jsou zcela odlišné od požadavků, jež jsou kladeny na upínací část. Upínací část by měla být především houževnatá a pevná. Roli hraje také cena zvoleného materiálu.

2.3 Konstrukce těla nože

2.3.1 Velikost a typ těla nože

Základními parametry pro volbu správného nože jsou hlavně směr posuvu a řezné podmínky. Mimo to je třeba zohlednit také způsob upnutí nástroje ve stroji spolu s přístupem k nástroji. Zásadní roli rovněž zastává tvar obrobku – nůž musí být takového tvaru, aby nemohlo dojít ke kolizi nástroje s obrobkem při obrábění.

Vhodné je použití rozdílných nožů pro každou z operací obrábění, jelikož každý typ nože je vhodný pro jinou obráběcí operaci. Vhodnou kombinací různých nožů je možné dosáhnout optimálnějšího výkonu při obrábění. Nevýhodou však může být zvýšení času potřebného k výměně nástrojů. Cílem tedy je snížit počet použitých typů nástrojů na minimum tak, aby došlo k optimálnímu poměru mezi časovou náročností a výkonem obrábění.

K tomu, aby bylo možno zmenšit vyložení nástroje, je třeba volit nůž s, pokud možno, co největším tělem, které jde ve stroji upnout. Tímto dosáhneme vyšší tuhosti nástroje a lepší stabilitu bříty. Typ těla nože ovlivňuje úhel špičky a nastavení hlavního ostří.

2.3.2 Značení těla nože

Tabulka 1: Značení těla nože (nožového držáku)

	V	V	C	N	30	30	K	16	x
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

- 1 – Způsob upínání
- 2 – Tvar destičky
- 3 – Tvar nože – úhel nastavení
- 4 – Úhel hřbetu
- 5 – Směr řezu
- 6 – Výška držáku
- 7 – Šířka držáku
- 8 – Celková délka
- 9 – Velikost VBD
- 10 – Údaje od výrobce

S velikostí VBD souvisí tělo zvoleného nože. Při volbě vhodné VBD je třeba zohlednit další důležité faktory, jako jsou cena za destičku a spolehlivost obrábění. Spolehlivější destičky většinou mají větší tloušťku. U přerušovaného řezu nebo hrubovacích operací je vhodné volit spolehlivější VBD, přestože je jejich cena vyšší. [5]

3. Návrh mikrogeometrie pro vybranou VBD

3.1 Obrobitelnost

Klasicky se obrobitelnost definuje u konkrétního materiálu porovnáním obráběného materiálu se srovnávacím materiálem, jak obtížné je obrábět materiál, ve srovnání se srovnávacím, se vyjadřuje procentuálními faktory. [1]

Dále je však obrobitelnost definována jako žádoucí cíl. Bereme v potaz rychlost úběru materiálu na výkonovou jednotku. Jedná se vlastně o stupeň, do kterého je možno soustružení provádět spolehlivě a při co nejmenších nákladech a co nejvyšší produktivitou práce. [1]

Rychlejšího obrábění tedy zjednodušeně dosáhneme zvýšením parametrů řezných podmínek (hloubky řezu, posuvu, řezné rychlosti). Toto zvýšení parametrů řezných podmínek však přináší důsledky v podobě zvýšeného zatížení řezného nástroje, dále je popsán vliv tohoto zatížení. [1]

Při posuzování mechanických zatížení vycházíme z hlediska tlaku. Tlak je síla, která působí na jednotku plochy, tedy velmi malá řezná síla, která je však při procesu soustředěna na velmi malou plochu obráběcího nástroje, může způsobovat velká zatížení. Naproti tomu vysoká řezná síla, která je dále rozložena na velké ploše, následně vyvozuje nízkou hodnotu zatížení. Na velikost řezné síly má vliv zejména materiál obrobku, geometrie obráběcího nástroje a zvolené řezné podmínky. Velikost řezné síly ovlivňuje úroveň vibrací, toleranci hotového výrobku a má též vliv na životnost nástroje a spotřebu energie. [1]

3.2 Zatížení při obrábění

Zatížení, vznikající při technologii obrábění, působící na řezný nástroj dělíme do čtyř základních kategorií, kterými jsou zatížení: mechanická, tepelná, chemická a tribologická. Soubor složek a zatížení, jež mají vliv na životnost nástroje, znázorňuje obr. 9. [1]

Mechanická zátěž zkracuje životnost nástroje, neboť urychluje jeho opotřebení. Rázové zatížení působící na nástroj je velmi nebezpečné a může způsobit vylomení části nástroje nebo jeho celkovou destrukci. Vzniká zejména v důsledku přerušovaného řezu, jež je často způsobeno obráběním dílů s dutinami nebo vměstky.[1]

Tepelná zátěž vzniká v důsledku samotné podstaty obrábění, oddělování třísky ze základního materiálu obrobku generuje teplo, které vede ke zvýšení teploty v místě řezu, a to až na 800-900 °C. Zvýšená tepelná zátěž má vliv na deformaci a otupení nástroje. [1]

Chemická zátěž je vyvozena v důsledku chemických reakcí materiálu řezného nástroje a obrobku, jež jsou podporovány právě zvýšenými tepelnými a tlakovými podmínkami při dané operaci. Chemické opotřebení se projevuje zejména ve formě difuze nebo vymílání.[1]

Tribologie se zabývá zkoumáním vzájemného kontaktu povrchů, účelem je zjištění jejich vzájemného působení při určitých podmínkách, a to z hlediska tlaku a teploty. Tribologické zatížení je tedy způsobeno třením mezi nástrojem a třískou, jež způsobuje erozní opotřebení a otěr. [1]

Všechny výše uvedená zatížení působí ve vzájemné kombinaci, nikoliv nezávisle, což má vliv na celkový účinek zatížení, které dále ovlivňuje také výkon stroje, tuhost celé obráběcí soustavy a dovednost obsluhy zařízení. Důsledky působení kombinací všech zatížení vyvolují různé dopady, všechny ovšem v konečném důsledku vedou ke zhoršení stavu nástroje a jeho opotřebení nebo destrukci. [1]



Obr. 9 Vliv zatížení na životnost VBD [1]

Při navrhování životnosti nástroje musíme vycházet z toho, že musí být dodržena bezpečnost procesu, tedy reálné zatížení nástroje musí být vždy nižší než maximum, které je nástroj schopen akceptovat. Životnost jako taková závisí na schopnosti nástroje odolávat všem zatížením, na něho působících. Zátěžovou kapacitu nástroje můžeme ovlivnit patřičnou řeznou geometrií nástroje, jeho materiálem a správnou volbou povlaku. [1]

3.3 Teorie geometrie utvařeče soustružnické VBD

3.3.1 Řezná geometrie

Hlavní úlohou řezné geometrie nástroje je utvářet třísku o správné velikosti a zajistit její dobrý odvod z místa řezu a snadné zformování. Při návrhu geometrie VBD se tedy snažíme docílit co nejlepší životnosti nástroje při zachování bezpečnosti provozu, efektivity procesu a co nejlepších vlastností obrobeného materiálu, jako je drsnost povrchu, a dále dobrých vlastností, co se odvodu a tvorby třísky týče. Jednotlivé základní části geometrie jsou uvedeny na obr. 10. [1]

Při návrhu geometrie VBD je nutno brát na zřetel, že vlastnosti bříty určuje třída karbidu, jejíž volba vychází z materiálu, který chceme obrábět. Dále jsou vlastnosti řezné hrany ovlivněny její geometrií, její geometrii volíme dle použití (hrubování, dokončovací obrábění). [1]

Tříska, vzniklá návrhem kompletní VBD by měla splňovat podmínky správného utváření třísky, tedy by neměla být ani příliš dlouhá, ani příliš krátká, neboť krátké třísky způsobují vyštipování řezné hrany a tím zkracování životnosti nástroje. Naproti tomu dlouhé třísky mohou způsobovat problémy při obráběcím procesu, jako je ohrožení bezpečnosti operátora, přerušování výroby, a dále mohou také způsobovat poškození nástroje, či obdobku. [1]

Z těchto informací tedy vyplývá, že pro dosažení nejvyšší efektivity a bezpečnosti procesu je ideální spirálovitá krátká tříska. Takovýto tvar třísek svědčí jak o správně zvoleném nastavení naší VBD, tak o dobře navržených podmínkách obrábění, jako je hloubka řezu, rychlost a posuv. [1]

Při odchodu třísky musí být tříska odváděna od řezné hrany co možná nejlépe. Samotný odvod třísky ovlivňuje nejvíce základní geometrie nástroje, jež je vlastně způsob, jakým je destička upnuta v nožovém držáku. [1]

V praxi rozlišujeme dvě základní geometrie nástroje, a to pozitivní nebo negativní. [1]

V případě pozitivní základní geometrie nástroje, společně s rovnou čelní plochou,

vznikají při obrábění nižší řezné síly, proces je také doprovázen menším množstvím tepelného zatížení a odvod třísek z řezné hrany je snazší. Záporům této geometrie je ovšem fakt, že nástroj není schopen odolávat vysokým zatížením po dlouhou dobu. [1]

Naproti tomu negativní základní geometrie zaručuje, také při rovné čelní ploše, vyšší pevnost nástroje, ovšem zatížení řeznými silami i zatížení tepelné je větší, dále je horší i odvádění třísky.

Skutečná geometrie VBD se sestává ze tří částí, jež jsou: geometrie řezné hrany, fazetky a utvařeče třísek a nachází se na samotném břitu nástroje. Všechny části geometrie musíme pro správnou činnost VBD dobře zkombinovat. [1]

3.3.2 Geometrie fazetky

Fazetka je přechodová oblast mezi oblastí řezné hrany a utvařečem třísek. Rozlišujeme dvě základní geometrie fazetky, a to sice pozitivní a negativní. [1]

Pozitivní geometrie fazetky se užívá u vyšších rychlostí, působení napětí je menší a působí rovněž v menší oblasti VBD, jež však může vést k vyštípnutí břitu. Menší opotřebení řezné hrany dosahuje pozitivní geometrie fazetky díky tomu, že generuje méně tepla a teploty v průběhu procesu jsou tedy nižší, než u fazetky negativní. [1]

Negativní geometrie fazetky tudíž generuje větší teplo a opotřebení nástroje je tedy vyšší, ovšem odvod obráběného materiálu je realizován v širší oblasti, což má za následek rozložení napětí a tím ochránění destičky před vylomením řezné hrany. [1]

3.3.3 Geometrie utvařeče třísek

Utvařeč třísek s otevřeným tvarem, popřípadě s tvarem s plochým dnem, se užívá k dosažení co největšího styku třísky a nástroje, a tím dosažení rozložení sil do širší oblasti VBD. Nižší mechanická zatížení při vysokých řezných silách můžeme proto dosáhnout použitím otevřené geometrie utvařeče. Toto řešení také značně snižuje riziko možného vylomení, či vyštípnutí řezné hrany, avšak otevřená geometrie utvařeče vede často ke tvorbě delších třísek, což může být nebezpečné jak pro samotný obrobek, tak i pro operátora nebo stroj. Možným řešením je uzavřenější provedení geometrie utvařeče třísek. [1]

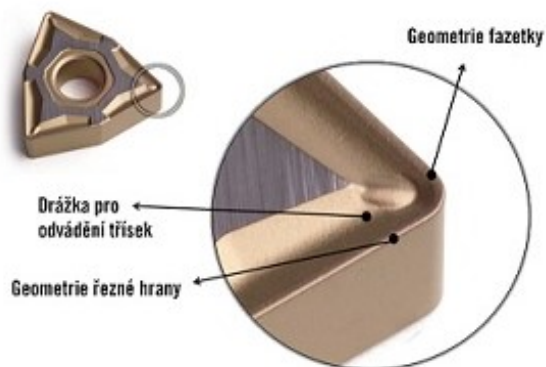
Uzavřená geometrie utvařeče, narozdíl od otevřené, deformuje třísku více, třísky se tudíž lámou po menších kusech, což má ovšem negativní dopad v podobě zvýšení řezných tlaků. Tříska, která je příliš krátká, však může řeznou hranu poškozovat a tím způsobovat snížení životnosti daného nástroje. V případě uzavřené geometrie utvařeče může být také silné

mechanické zatížení při nízkých řezných silách. Tato geometrie je proto výhodná zejména při nízkých řezných silách, ku příkladu v dokončovacích operacích, kde jsou nízké hodnoty posuvu a malá hloubka řezu. [1]

Při volbě geometrie utváření třísek jde tedy zejména o nalezení jakési rovnováhy, musíme určit nejširší možnou použitelnou geometrii, při stále ještě řízeném utváření. [1]

Výběr geometrie VBD závisí zejména na tom, jaký materiál potřebujeme obrábět, což má zásadní vliv na odvod třísek a řízení jejich utváření. Například obrábění hliníku vyžaduje uzavřená geometrie utvařeče pro dosažení spolehlivého lámání třísek, které jsou jinak dlouhé a vláknité. Naopak litiny a obdobné materiály vyžadují pouze minimální provedení geometrie utvařeče třísek, v některých případech dokonce není třeba provádět žádný utvařeč třísky. [1]

Po stránce řezných parametrů obvykle vyšší posuv vede ke tvorbě kratší třísky. Vyšší parametr hloubky řezu vede často k třískám. Dalším faktorem, ovlivňujícím utváření třísek závislého na materiálu obrobku, je řezná rychlost. Dosažení správného utváření a přijatelné třísky, kdy je zároveň minimalizováno riziko poškození nástroje, je realizováno správným řízením všech faktorů podílejících se na zvyšování mechanického zatížení. [1]



Obr. 10 Popis řezné geometrie VBD [1]

3.4 Vývoj a použití geometrie

Pro využití všech možných výhod vlastností různých druhů geometrie VBD, měnit utváření a odvádění třísek, vede výrobce řezných nástrojů k vývoji speciální geometrie pro danou operaci, ku příkladu hrubování, či dokončovací obrábění. Výrobci VBD konstruují různé varianty geometrií ostří a utvařeče třísek pro získání širokého spektra VBD použitelných pro specifické aplikace a obráběné materiály. [1]

3.5 Objemový součinitel třísky

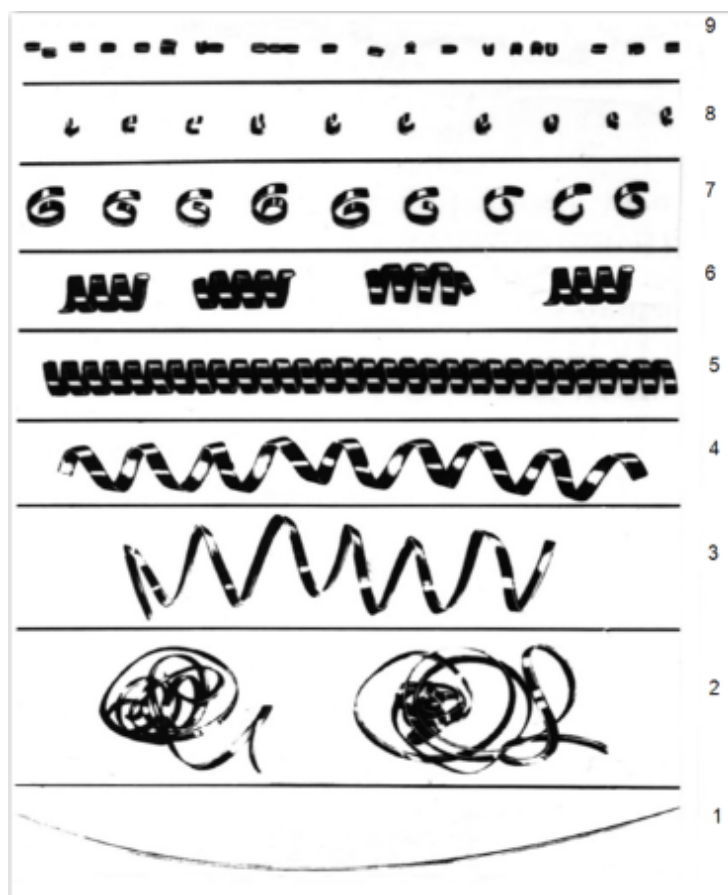
Tříska, jež je produktem, doprovázejícím proces obrábění, musí splňovat určitá kritéria, zejména z hlediska jejich rozměrů a tvaru a to v té chvíli, kdy tříska opustí prostor, kde vznikla. Tvar vzniklé třísky musí být takový, aby zaujímala co nejmenší objem a bylo jednodušší její odstranění z prostoru obráběcího stroje a rovněž její přeprava a další zpracování. Tyto nároky na utvořenou třísku je nutno dodržet zejména v automatizovaných obráběcích strojích a výrobních centrech. [1]

Kromě výše zmíněného, ovlivňuje také tvar třísky efektivitu využití obráběcího nástroje, neboť tvorba dlouhé, plynulé třísky často způsobuje její namotávání na nástroj, jež může mít za následek poškození samotné řezné hrany. Tvar utvořené třísky má také vliv na výslednou kvalitu obrobeného povrchu, neboť dlouhá a plynulá tříska zhoršuje strukturu povrchu, obráběním vzniklého. Z výše uvedených důvodů vyplývá, že je třeba zajistit dělení třísky na části a to u všech materiálů, včetně těch, které za normálních okolností tvoří třísku plynulou (koroziivzdorné oceli, hliník). [1]

Výsledný tvar třísky při procesu obrábění závisí na mnoha faktorech, z nichž hlavními jsou zejména vlastnosti obráběného materiálu, geometrie nástroje a tvar řezné hrany nástroje (příslušné nástrojové úhly, provedení lamačů a utvařečů třísek), dále řezné parametry (rychlost řezu a hodnota posuvu) a v neposlední řadě materiál, z něhož je nástroj vyroben (jeho druh a vliv na tření o materiál obrobku) [1]

3.6 Podnikový třídík třísek

Podnikový třídík třísek, znázorněn na obrázku 11, nám dovoluje vizuálně, podle vzhledu utvořené třísky, rozlišovat devět druhů vzniklé třísky, kdy číslo 1 je tříska dlouhá rovná s 9 je tříska elementární. Za přípustnou se jako první bere číslo 6, tedy svinutá tříska, která se však láme po krátkých částech, a výše. Prvních pět stupňů utvořené třísky považujeme za nepřipustné, neboť by mohli způsobovat poškození kvality obráběného povrchu, nebo v průběhu operace způsobovat nebezpečí a to jak hlediska bezpečnosti obsluhy, tak stroje.



Obr. 11: Podnikový třídík třísek

4 Diskuze experimentů

4.1 Popis obráběcího stroje

Jako obráběcí stroj byl pro experiment zvolen MAS S80i (obr. 12). Jedná se o soustruh s číslicovým řízením (CNC), konstruovaný tak, aby splňoval veškeré požadavky, na něho kladené, jak po stránce efektivity prováděné technologie, tak co se ekologie, snadné údržby, ovladatelnosti, či bezpečnosti práce týče. Je vhodný jak pro kusovou výrobu, tak pro výrobu v malých, či velkých sériích a je určen pro výrobu rotačních kulových, válcových ploch a řezání závitů. Veškeré operace jsou řízeny CNC řídicím systémem. O pohon vřetene se stará dvoustupňová integrovaná převodovka, pohon posuvů zajišťují servopohony. [8]

Nástrojová upínací hlava, jejíž osa je rovnoběžná s osou vřetena, dovoluje upnutí až dvanácti nástrojů, u tohoto stroje odpadá nutnost přidavného upínání. Stroj je také vybaven ručně přestavovaným koníkem, což umožňuje obrábět dlouhé obrobky, přičemž vysouvání pinoly je řízené řídicím systémem. Díky celkovému zakrytí pracovního prostoru a vybavení automatickým dopravníkem třísek a chlazením, splňuje tento stroj vysoké standardy z hlediska bezpečnosti práce. [8]

Tabulka 2: Parametry obráběcího stroje MAS S80i [8]

Vřeteno	
Průměr vřetena	140 mm
Výkon	20,5 kW
Maximální otáčky	3800 ot/min
Maximální kroutící moment	1033 Nm
Support	
Maximální pojezd v ose Z	1105 mm
Maximální pojezd příčně v ose X	295 mm
Rychlost podélného i příčného posuvu	24 m/min
Maximální rozměry obrobku	
Oběžný průměr	680 mm
Průměr obdobku	465 mm
Délka obrobku s použitím koníku	1000 mm



Obr. 1: Obráběcí stroj MAS S80i

4.2 Volba nožového držáku

Pro experiment byl zvolen nožový držák, nesoucí označení PCLNR/L2525 M12, vyobrazen na obr. 13, jež je vybaven upínacím systémem ISO P, kde je, jak již bylo výše zmíněno, upínání realizováno pomocí úhlové páky. Jedná se o držák, hojně používaný i pro realizaci experimentů díky své flexibilitě použití v jak hrubovacích, tak dokončovacích soustružnických operacích, včetně vnitřního soustružení velkých průměrů. Držák umožňuje snadné a spolehlivé upínání negativních destiček s válcovým otvorem a dobře akceptuje zatížení, na něj kladené. [9]

Tabulka 3: Parametry nožového držáku [9]

Označení	PCLNR/L2525 M12
Materiál	HSS
Systém upínání	ISO P
Orientace	Pravý
Maximální vyložení	27,2 mm
Šířka stopky	25 mm
Výška stopky	25mm
Funkční délka	150 mm
Funkční šířka	32 mm
Funkční výška	25 mm
Kód tvaru břitové destičky	C
Moment	5 N/m
Hmotnost	0,751 kg



Obr. 2: Zvolený nožový držák

4.3 Volba obráběného materiálu

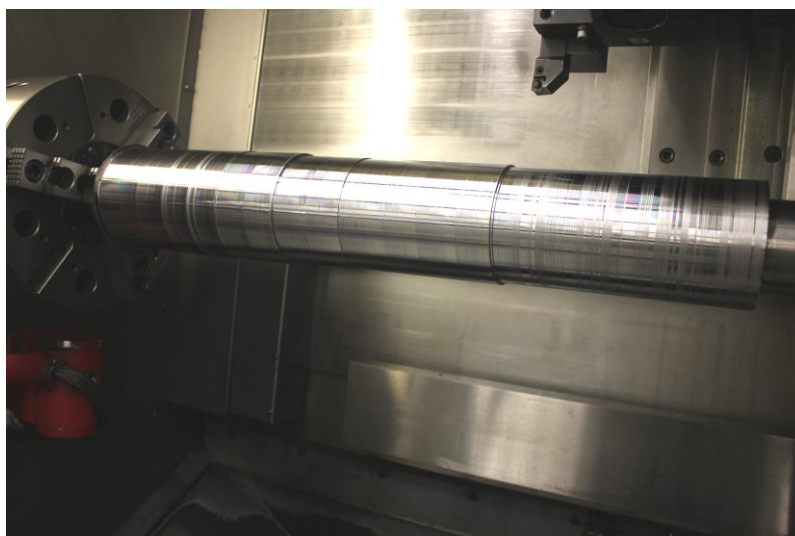
Obráběný materiál, na němž budou prováděny zkoušky vlivu výšky utvařeče na její tvorbu byla navrhnut válec z uhlíkové ocel, určené k zušlechťování a povrchovému kalení 12050.9, jež je standardně užívána pro provádění experimentů a to i ve společnosti Dormer Pramet. Tato ocel je totiž velmi často v běžné praxi používána pro výrobu takových součástí, které se vyrábí právě třískovým obráběním, nebo kováním, např.: hřídele, hřídelové čepy, větší ozubená kola, ojnice, pístnice, šrouby a podobné.

Tabulka 4: Chemické složení materiálu [10]

Název prvku	Obsah [%]
Uhlík (C)	0,42 - 0,45
Mangan (Mn)	0,5 - 0,8
Křemík (Si)	0,17 – 0,37
Fosfor (P)	do 0,04
Síra (S)	do 0,04
Chrom (Cr)	do 0,25
Nikl (Ni)	do 0,3
Měď (Cu)	do 0,3

Tabulka 5: Mechanické vlastnosti materiálu [10]

Mez pevnosti v tahu (Rm)	640 – 780 Mpa
Mez kluzu (Re)	390 Mpa



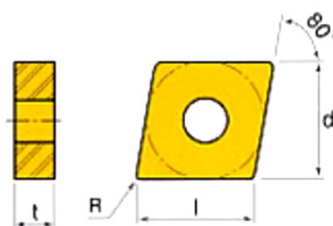
Obr. 3: Zkušební válec

4.4 Volba typu VBD

Pro potřeby experimentu byla použita destička, vycházející ze základního tvaru C, viz obr. 15, který je určen pro širokou škálu aplikací, a právě díky její flexibilitě byl tento tvar použit při experimentu. Byly navrženy a vyrobeny čtyři prototypy destiček (obr. 17), jejichž rozměry jsou naprosto shodné a liší se pouze parametrem výšky (hloubky) utvařeče proto, aby bylo možno sledovat závislost tvorby a parametry utvářené třísky právě na tomto tvaru.

Tabulka 6: Rozměrové parametry destičky CNMM 120408 [9]

Označní destičky: VBD CNMM 120408	
Délka (l)	12,9 mm
Šířka (d)	12,7 mm
Tloušťka (t)	4,76 mm
Poloměr špičky (r)	0,8 mm

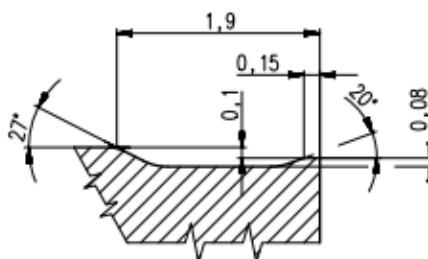


Obr. 4: Destička CNMM 120408 [7]

Tabulka 7: Označení navržených prototypů a jejich výšky utvařeče

Označení prototypu	Výška (hloubka) utvařeče
CNMM 120408-BC-P01	0,08
CNMM 120408-BC-P02	0,15
CNMM 120408-BC-P03	0,22
CNMM 120408-BC-P04	0,3

Detail D₀



Obr. 16 Náskres prototypové destičky P01

4.5 Provedení experimentu

Aby bylo možno vyhodnotit vliv výšky utvářeče na tvorbu třísky, byla navržena škála řezných podmínek, jež byla odstupňována tak, aby dobře simulovala pracovní podmínky, při kterých bude výsledná VBD pracovat. Posuvy a hloubky řezu byly zvoleny, aby bylo možno nasimulovat jak hrubování, tak střední i dokončovací obrábění. Konkrétně byly zvoleny hloubky řezu od 0,8 do 5mm a hodnoty posuvu v rozmezí od 0,1 do 0,5mm/ot. Řezná rychlost činila po celou dobu experimentu 140m/min.

Volba konkrétních hodnot řezných podmínek a jejich odstupňování vychází z praxí ověřených poznatků o chování utváření břitových destiček ze slinutého karbidu, aby bylo možno sledovat chování tvorby třísky v různých podmínkách soustružení a následně porovnat chování jednotlivých prototypových destiček, které byly pro tento účel experimentu zhotoveny.

Stejným podmínkám byly tedy podrobeny všechny čtyři prototypové destičky postupně. Při jedné hodnotě hloubky řezu byl test proveden v celém navrženém spektru hodnot posuvů a poté byla destička vyměněna za další prototyp s jiným parametrem hloubky utvářeče.

Začínalo se destičkou s nejnižší hodnotou a poté, co všechny prototypy absolvovaly celé spektrum posuvů při zvolené hloubce řezu, byla hloubka řezu změněna a opět byl každý prototyp podroben celému spektru posuvů. Tento postup se poté opakoval v celém zvoleném rozsahu hloubek řezu.

Vytvářená tříska byla po každém testu odebrána a její vzorek umístěn na příslušné místo v tabulce a po jejím vyplnění proběhlo fotografické zdokumentování (obr. 19, 21, 23, 25). Vynechával se pouze odběr třísky při posuvu 0,4mm/ot. a to kvůli malému počtu políček v archu, do tabulky hodnot však hodnota tohoto posuvu zapsána byla. Vytvořené třísky se bezprostředně po provedení jednoho každého testu a odebrání vzorku současně vyhodnotily dle podnikového třídníku třísek a výsledné číslo, doplněné mnohdy znakem, symbolizujícím doprovodné jevy při utváření, bylo zaznamenáno do záznamové tabulky.



Obr. 5 Zkoušené prototypové VBD

4.6 Prototyp VBD CNMM 120408-BC P01

Prvním testovaným prototypem byla destička P01 (viz obr. 18), jejíž výška utvařeče činí 0,08mm, jak je znázorněno v níže uvedeném výkrese.

Při největší zvolené hloubce řezu, která činila 5mm a při posuvu 0,1mm/ot, čili při takové hodnotě posuvu, která odpovídala rozměru fazetky, bylo utváření třísky poměrně špatné, dalo by se říci, že utvařeč nepracoval, což bylo ovšem předpokládáno a tento posuv byl brán jako hraniční právě k vůli shodě s parametrem rozměru fazetky na dané VBD. Při postupném zvyšování posuvu se začala tříska utvářet lépe a již při posuvu 0,2 mm/ot se utvořená tříska stala vyhovující. Další zvyšování hodnoty posuvu při této řezné hloubce opět vedlo k lepší tvorbě třísky.

Po snížení hloubky řezu na hodnotu 3,5mm a při posuvu 0,1mm/ot se destička chovala stejně, jako v případě předchozím a při dalším zvyšování hodnot posuvu se utváření stávalo postupně lepším, při hodnotách posuvu 0,2 a 0,5mm/ot. byl zaznamenán občasný výskyt řetězcovitých fragmentů utvořené třísky.

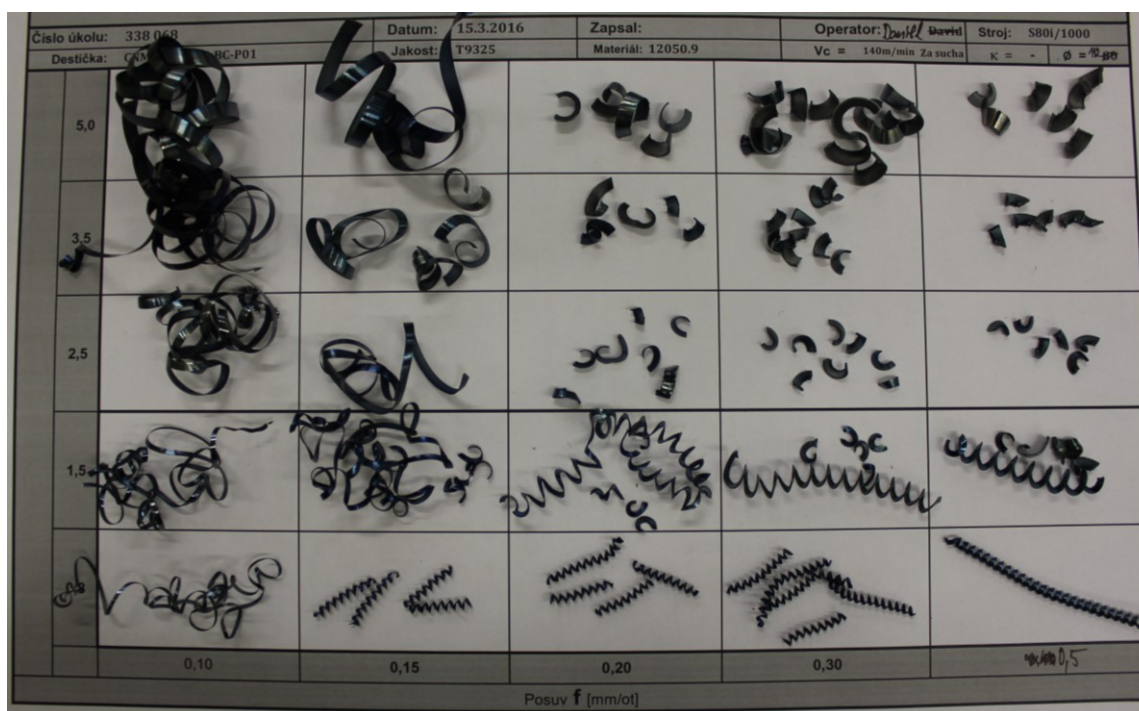
Jako ideální se pro první prototypovou destičku ukázala hloubka řezu 2,5mm. Po překonání prvních dvou hodnot posuvu (tj.: 0,1 a 0,15mm/ot.), při kterých vznikala dlouhá smotaná tříska, začala podoba třísky dosahovat velmi dobrých parametrů, výskyt řetězců byl pouze při hodnotě posuvu 0,2mm a při dalších vyšších hodnotách posuvu již byla tříska dobře lámána a odpovídala hodnotě 8 dle třídníku třísek.

Jako problematická ukázala se hodnota hloubky řezu, činící 1,5mm. Při této hloubce řezu byla tvorba třísek horší i při vyšších posuvech, tvořila se delší tříska, spirálově stočená.

Při poslední zvolené hloubce řezu (0,8mm) začalo utváření probíhat již při posuvu 0,15mm/ot., ovšem při nejvyšších zvolených hodnotách posuvu se začala tříska prodlužovat.



Obr. 18: Prototyp P01



Obr. 6: Odebrané třísky dle řezných parametrů (prototyp P01)

Tabulka 8: Průběh utváření prototypové VBD P01

Chipforming - turning- idea

Project	338,068	Date:	15/03/2016	Wrote:		Operator:	Daniel	Machine:	S80i/1000		
Insert:	CNMM 120408-BC P01	Sorte	T9325	Mat.	12050.9	Vc =	140m/min dry	K =	95°	φ =	80

Depth of cut a_p [mm]

5.0				2		2	7		7		8	8							
3.5				2		2, 6/7	7, 7S		7/8		7/8	8, 8S							
3.0																			
2.5				2		2	7/8S		8		8	8							
2.0																			
1.5				2		2, 7	3, 6, 7		3/4, 7		3/4, 7	3/4, 8S							
1.2																			
1.0																			
0.8				2		6	6		6		5, 6	5							

4.7 Prototyp VBD CNMM 120408-BC P02

Druhým testovaným prototypem byla destička, jejíž výška utvařeče činila, jak je uvedeno na výkrese, 0,15mm, (viz obr.20).

Při testování největší hloubky řezu (5mm) a prvních dvou hodnotách posuvu (0,1 a 0,15mm/ot.) opět destička, jak již bylo předpokládáno, tvořila dlouhou svinutou třísku. Při vyšších hodnotách posuvu bylo již utváření třísky dobré, při posledních dvou hodnotách dosahovala utvářená tříska dokonce parametru 8 až 9 dle podnikového třídníku třísek. Při posuvu 0,4mm/ot. se ovšem projevil tvrdý chod stroje, doprovázený mírným hlukem a při posuvu 0,5mm/ot. se v utvořené třísce místy vyskytovaly spojené řetězce.

Druhá hloubka řezu (3,5mm) projevila při všech hodnotách posuvů obdobný průběh tvorby třísky, jako první hodnota hloubky řezu, avšak bez výskytu tvrdého chodu stroje. Při nejvyšší zvolené hodnotě posuvu se opět projevilo lehké řetězení třísky, které však nijak neohrožuje bezpečnost, ani kvalitu procesu. Parametr kvality třísky ovšem dosahoval maximální hodnoty 8 dle třídníku.

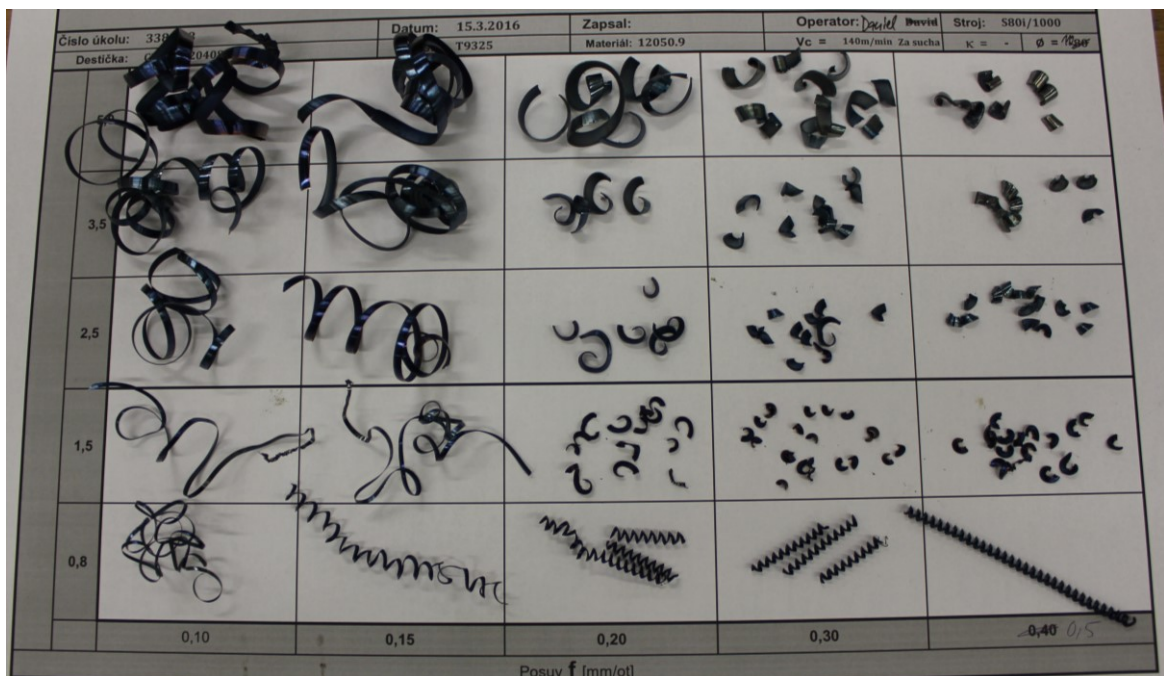
Téměř obdobný průběh měla další hloubka řezu (2,5mm) jen snad s takovým rozdílem, že při hodnotě posuvu 0,3mm/ot. bylo utváření třísky o něco málo lepší.

Hloubka řezu 1,5mm vykazovala opět obdobný průběh utváření, při vyšších posuvech ovšem začala tříska lehce modrat, což indikuje větší teplotu v průběhu procesu.

Při poslední zvolené hloubce řezu (0,8mm) vykazovala destička opět podobné chování jako předchozí prototyp, utváření tedy začalo již při druhé hodnotě posuvu (0,15mm/ot.), ovšem kvalita třísky činila nejlépe stupeň 6 a to při posuvech 0,2, 0,3 a 0,4mm/ot. Při posuvu nejvyšším (0,5mm/ot.) byla kvalita třísky o stupeň horší, dosahovala tedy hodnoty 5, což odpovídá dlouhé, spirálovitě stočené třísce.



Obr. 20: Prototyp P02



Obr. 21: Odebrané třísky dle řezných parametrů (prototyp P02)

Tabulka 9: Průběh utváření prototypové VBD P02

Chipforming - turning- idea

Project	338,068	Date:	15/03/2016	Wrote:		Operator:	Daniel	Machine:	S80i/1000								
Insert:	CNMM 120408-BC P02	Sorte	T9325	Mat.	12050.9	Vc =	140m/min dry	K =	95°	φ =	80						
Depth of cut a_p [mm]																	
	5.0			2	2	7/6	7/8	8/9T	9/8S								
	3.5			2	2	7	7/8	8	8, 8S								
	3.0																
	2.5			2	2	7	8(7)	8	8, 8S								
	2.0																
	1.5			2	2	7	7/8*	8*	8*								
	1.2																
	1.0																
	0.8			2	5	6	6	6(5)	5(6)								
		0.01	0.01	0.05	0.10	0.13	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.50	0.60	0.70	0.05	0.40
	1%	2%	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	100%	120%	140%	10%	80%	100%

Feed f [mm/rev]

Tvar třísky hodnocen podle třídění Seco : skupiny 1-5 představují nevyhovující tvar třísky, 6-9 vyhovující tvar (skupina 9 je tříska přetvářena)

* - tříska fialově zbarvená, vyšší tepelná zátěž

T - tříska jde do plochy řezu (tvrdě) - chip is going hardly to the cutting surface

P - tříska jde do plochy řezu (větší ϕ), nejde tvrdě - - chip is going to the cutting surface (bigger f), not hardly

M - tříska utváří o neobrobenou část materiálu - chip is going to the not machined part of workpiece

B - spirála klouže po břítu - helix is sliding along the edge

R - spirála jde na hřbet a vrací se na břit (rozbíjí břit mimo záběr) - helix is going to the flank and then back to the edge (It is breaking up the edge)

S - spojené řetězce třísek - connected chips

N - neutváří, nelze zařadit podle třídění Seco - It is not possible to classify according to SECO classification

4.8 Prototyp VBD CNMM 120408-BC P03

Třetím zkoušeným byl prototyp VBD, o výšce utvařeče 0,22mm, vyobrazená na obr. 22.

Při první zkoušené hloubce řezu, která byla 5mm, destička vykazovala dobré utváření třísky až při posuvu 0,3mm/ot. a výše. Do této hranice při třech předchozích hodnotách posuvu utváření neprobíhalo, tříska byla dlouhá a smotaná, při nejnižší hodnotě posuvu (0,1mm/ot.) byla dokonce kvalita třísky nejnižší (odpovídala stupni 1 třídníku třísek) ze všech zkoušených podmínek. Při vyšších hodnotách posuvu sice utvářená tříska dosahovala postupně hodnot 8 přes 8/9 až po 9, ovšem při všech těchto posuvech (0,3 0,4 i 0,5mm/ot.) byl zaznamenán tvrdší chod a zvýšená hlučnost procesu, ovšem nijak závažná.

Po změně hloubky řezu na 3,5mm opět prototyp utvářel až při třetím zkoušeném pokusu tj. od 0,3mm/ot. Při této hodnotě posuvu dosahovala utvořená tříska kvality okolo stupně 7, místy se vyskytovala tříska třídy 6. Při dalším navyšování posuvu se opět tříska plynule zlepšovala, doprovázena při posledních dvou posuvech opět tvrdším chodem operace.

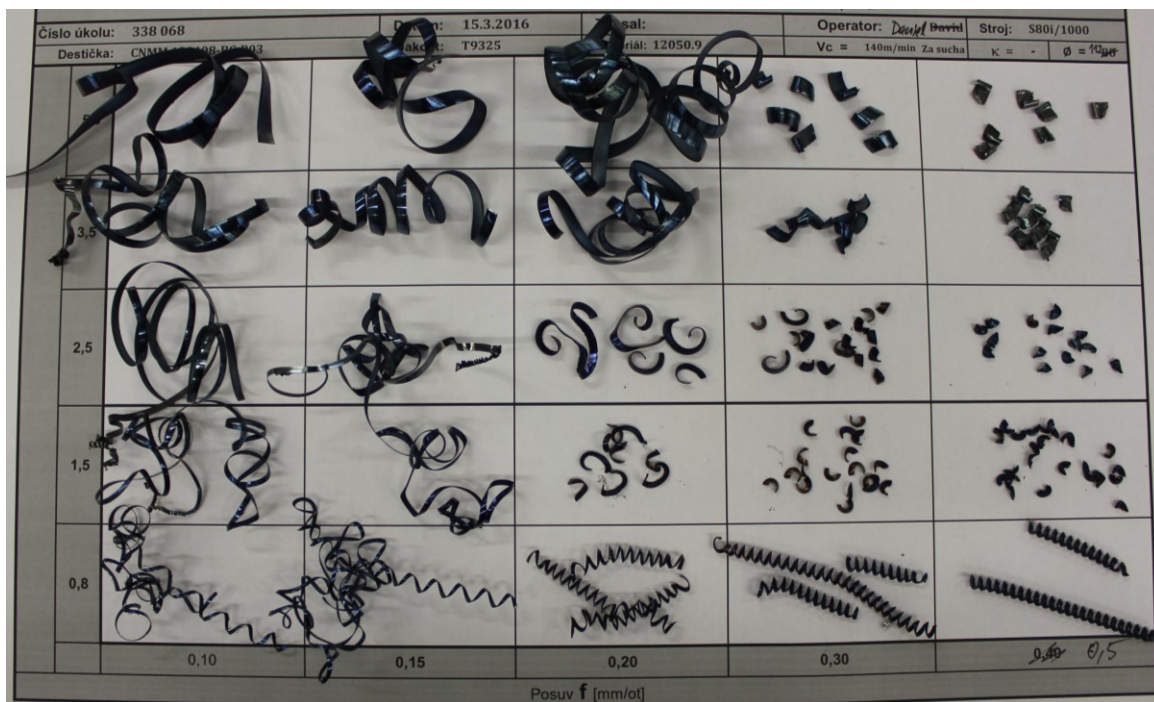
Od hloubky třísky 2,5mm začalo dobré utváření probíhat již při hodnotě posuvu 0,2mm/ot., při této hodnotě byla kvalita třísky stupně 7 a místy doprovázena výskyt třísky větších rozměrů, při dalších posuvech již stupeň kvality dosahoval na hodnotu 8. Při posuvu 0,3mm/ot. byl zaznamenán výskyt třísky stupně 7, při dalším posuvu (0,4mm/ot.) bylo zaznamenáno zmodrání třísky, tím pádem zjištěno mírně zvýšená teplota v průběhu operace, při poslední hodnotě posuvu byly zjištěny pouze občas se vyskytující řetězce třísek, které ovšem nijak negativně neovlivňovaly průběh operace.

Při hloubce řezu o hodnotě 1,5mm byla tvorba třísky téměř obdobná, jako u předchozí hloubky řezu. U poslední hodnoty posuvu byl opět zaznamenán výskyt řetězcové třísky a u předchozích dvou hodnot zjištěno mírné zmodrání třísky.

U poslední hloubky řezu 0,8mm byla tříska opět, jako i u všech předchozích prototypů, v kvalitě mezi stupni 5 a 6. Při prvních dvou hodnotách posuvu byla opět utvořená tříska nepříjemná, dosahovala však mírně lepších parametrů, než u prototypů předchozích. Nejlepší utváření třísky dosahovalo hodnoty 6 a to při posuvu 0,4mm/ot.



Obr. 22: Prototyp P03



Obr. 7: Odebrané třísky dle řezných parametrů (prototyp P03)

Tabulka 10: Průběh utváření prototypové VBD P03

Chipforming - turning- idea																			
Project 338,068				Date: 15/03/2016				Wrote:				Operator: Daniel				Machine: S80i/1000			
Insert: CNMM 120408-BC P03				Sorte T9325				Mat. 12050.9				Vc = 140m/min dry				κ = 95° φ = 80			
Depth of cut a_p [mm]	5.0				2/1	2	2		8T	8/9T	9T								
	3.5				2	2	2		7, 6	8T	8/9ST								
	3.0																		
	2.5				2	2	7/7V		8,7	8*	8, 8S								
	2.0																		
	1.5				2/3	2	7		8*	8*	8/8S								
	1.2																		
	1.0																		
	0.8				2/3	2/4	5/6		6(5)	6	5/6								
		0.01	0.01	0.05	0.10	0.13	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.50	0.60	0.70	0.05	0.40	0.50	
Feed f [mm/rev]																			
<p>Tvar třísky hodnocen podle třídění Seco : skupiny 1-5 představují nevhovující tvar třísky, 6-9 vyhovující tvar (skupina 9 je tříška přeutvářena)</p> <p>V - větší tříška</p> <p>T - tříška jde do plochy řezu (tvrdě) - chip is going hardly to the cutting surface</p> <p>P - tříška jde do plochy řezu (větší ϕ), nejde tvrdě - - chip is going to the cutting surface (bigger f), not hardly</p> <p>M - tříška utváří o neobrobenou část materiálu - chip is going to the not machined part of workpiece</p> <p>B - spirála klouže po břitu - helix is sliding along the edge</p> <p>R - spirála jde na hřbet a vrací se na břit (rozbíjí břit mimo záběr) - helix is going to the flank and then back to the edge (It is breaking up the edge)</p> <p>S - spojené řetězce třísek - connected chips</p> <p>N - neutváří, nelze zařadit podle třídění Seco - It is not possible to classify according to SECO classification</p> <p>* - fialovější tříška-větší tepelná zátěž</p>																			

4.9 Prototyp VBD CNMM 120408-BC P04

Posledním zkoušeným prototypem byla destička o výšce utvařeče 0,3mm (viz obr.24).

Při hloubce řezu 5mm bylo chování utváření obdobné jako u předchozího prototypu, utváření tedy začalo probíhat až od třetího zvoleného posuvu (0,3mm/ot.). Při tomto posuvu byl zaznamenán výšky třísky o třídě 7 a 8, proces byl doprovázen odcházením třísky do plochy řezu. Při dalším zvýšení hodnoty posuvu byla tendence tvorby třísky opět progresivní, při posledním zkoušeném posuvu (0,5mm/ot.) byla tvorba třísky doprovázena tvrdším chodem stroje.

Při další hloubce třísky (3,5mm) bylo chování destičky podobné, avšak při hodnotě posuvu 0,3mm/ot. byl na rozdíl od předchozí hloubky řezu zaznamenán výskyt třísky stupně 6. U dvou posledních hodnot posuvu byla kvalita třísky mezi stupni 8 a 9, u posuvu 0,4mm/ot. byl zaznamenán tvrdší chod a odcházení třísky do plochy řezu, u posuvu 0,5mm/ot. bylo soustružení doprovázeno tvrdším chodem stroje a byl zaznamenán výskyt řetězcových třísek.

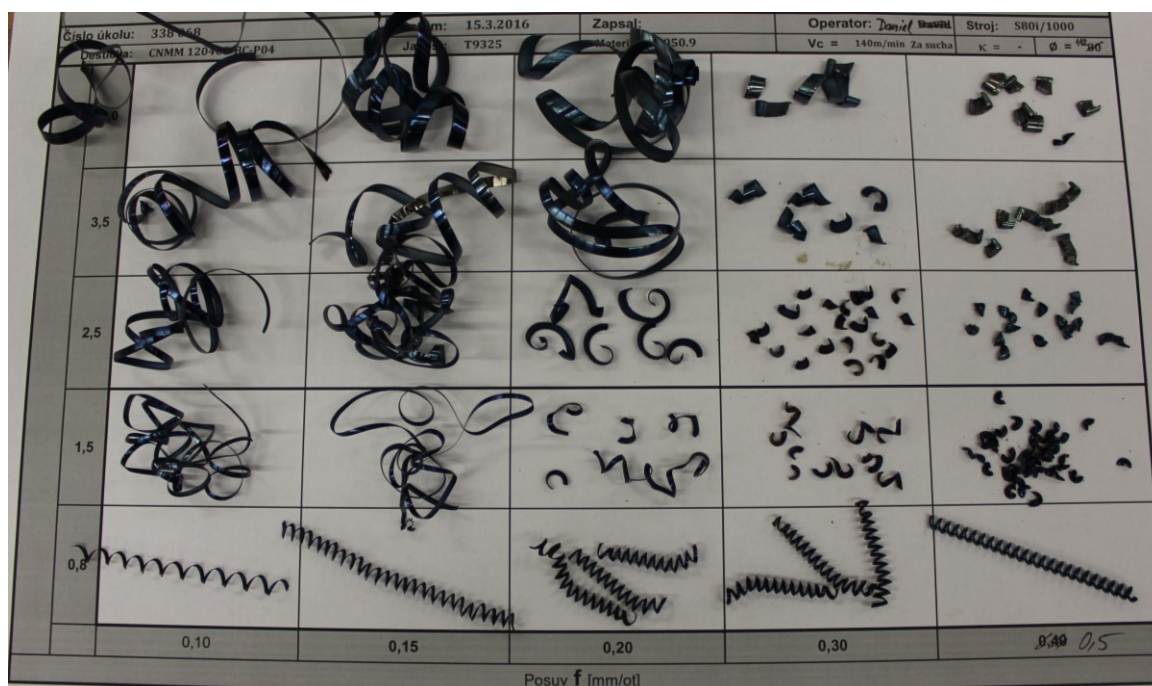
Jako ideální se pro poslední zkoušený prototyp ukázala hloubka třísky 2,5mm. Při tomto parametru bylo utváření třísky dobré již od posuvu 0,2mm/ot., tříska dosahovala stupně 7, místy byla mírně větších rozměrů. Další parametry posuvu již produkovaly třísku kvality 8, doprovázenou při všech třech posledních hodnotách posuvu mírným zmodráním.

Hloubka řezu 1,5mm znamenala pro prototyp mírné zhoršení kvality utvořené třísky. Utváření začalo probíhat sice stejně jako u předchozí hloubky řezu na hodnotě posuvu 0,2mm/ot., nicméně kvalita třísky se na stupeň 8 dostala až při posledních dvou posuvech, při kterých byla doprovázena lehkým zmodráním. Při posuvu 0,3mm/ot. se kvalita třísky pohybovala mezi stupněm 6 a 7, byl také zaznamenán výskyt řetězcové třísky.

Poslední zkoušená hloubka řezu (0,8mm), na rozdíl od předchozích zkoušených prototypů, u tohoto prototypu utvářela v celém rozsahu posuvů a to za kvality třísky mezi stupni 5 a 6, přičemž stupně 5 dosahovaly první dvě hodnoty posuvu (0,1 a 0,15mm/ot.) a hodnoty 6 dosahovala kvalita třísky při posuvech 0,2 a 0,3mm/ot. Při posuvu 0,4mm/ot. byla kvalita třísky stupně 5 až 6 a poslední posuv (0,5mm/ot.) dosáhl tvorbu třísky stupně 5.



Obr. 24: Prototyp P04



Obr. 8: Odebrané třísky dle řezných parametrů (prototyp P04)

Tabulka 11: Průběh utváření prototypové VBD P04

Chipforming - turning- idea																			
Project 338,068				Date: 15/03/2016		Wrote:		Operator: David				Machine: S80i/1000							
Insert: CNMM 120408-BC P04				Sorte T9325		Mat. 12050.9		Vc = 140m/min dry				K = 95°		Ø = 80					
Depth of cut a_p [mm]	5.0				1/2	2	2	7P, 8P	8/9	8/9T									
	3.5				2	2	2	6, 7, 8	8P/T	8/9ST									
	3.0																		
	2.5				2	2	7, 7V	8*	8*	8/8S*									
	2.0																		
	1.5				2	2	3, 6, 7	7, 6, 7S	8, 7*	8*									
	1.2																		
	1.0																		
	0.8				5	5	6	6	5/6	5									
		0.01	0.01	0.05	0.10	0.13	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.50	0.60	0.70	0.05	0.40	0.50	
		1%	2%	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	100%	120%	140%	10%	80%	100%	
Feed f [mm/rev]																			
<p>Tvar třísky hodnocen podle třídění Seco : skupiny 1-5 představují nevhovující tvar třísky, 6-9 vyhovující tvar (skupina 9 je tříška přeutvářena)</p> <p>T - tříška jde do plochy řezu (tvrdě) - chip is going hardly to the cutting surface</p> <p>P - tříška jde do plochy řezu (větší ϕ), nejde tvrdě -- chip is going to the cutting surface (bigger f), not hardly</p> <p>M - tříška utváří o neobrobenou část materiálu - chip is going to the not machined part of workpiece</p> <p>B - spirála klouže po břitu - helix is sliding along the edge</p> <p>R - spirála jde na hřbet a vrací se na břit (rozbíjí břit mimo záběr) - helix is going to the flank and then back to the edge (It is breaking up the edge)</p> <p>S - spojené řetězce třísek - connected chips</p> <p>N - neutváří, nelze zařadit podle třídění Seco - It is not possible to classify according to SECO classification</p>																			

4.10 Srovnání výsledků experimentu u jednotlivých prototypů.

Při provedených zkouškách byly jednotlivé prototypy VBD podrobeny shodným pracovním podmínkám. Díky tomu jsou výsledky těchto testů porovnatelné a lze na jejich základě zaujmout určité stanovisko. Prokázalo se, že vliv výšky utvařeče VBD je důležitým parametrem při jejím návrhu a každá hodnota výšky utvařeče propůjčuje destičce takové vlastnosti, které vedou k dobrému utváření třísky při specifických podmínkách.

Srovnání chování jednotlivých prototypů bylo pro co největší vypovídající hodnotu provedeno se zohledněním jak hloubky řezu, tak hodnoty posuvu.

Ukázalo se, že pro velké hloubky řezu, v našem případě 5mm a 3,5mm, je lepší malá výška utvařeče, čili prototyp P01 potažmo P02. Při zvýšení hodnoty výšky utvařeče je sice výsledná tříska mírně lepší, ovšem utváření probíhá až za vyšších hodnot posuvu a proces je doprovázen poněkud tvrdším chodem a v případě destičky P04 s maximálním zvoleným parametrem výšky utvařeče byl zaznamenán odchod třísky do plochy řezu. Naproti tomu destičky P01 a P02 vykazovaly při těchto velkých hloubkách řezu relativně klidný chod a utváření třísky bylo dobré (většinou okolo stupně 7 a 8 dle třídníku třísek). Jen místy byly zaznamenány řetězce třísek a to většinou při vysokých hodnotách posuvu, tyto řetězce však nebyly nijak nebezpečné pro chod stroje ani kvalitu obrobeného povrchu.

Při hloubce řezu 2,5mm prokázala nejlepší výsledky destička s nejmenší hloubkou utvařeče P01, chování ostatních destiček bylo, co do kvality vytvořené třísky více méně podobné, u destiček P03 a P04 bylo ovšem zaznamenáno mírné zmodrání třísky, indikující vyšší teplotu, která při procesu obrábění panovala.

Hloubka řezu 1,5mm ukázala, že pro tyto podmínky se hodí z našeho portfolia prototypů nejvíce destičky P02 a P03, kvalita třísky se u těchto destiček pohybovala ve stupni 7 až 8, nicméně mírně lepších výsledků dosáhla destička P03. U obou bylo zaznamenáno mírné zmodrání třísky. Prototyp P01 prokazoval při této hloubce řezu horší výsledky vytvořené třísky (vyskytovaly se třísky stupně 3,4,7) a až při nejvyšší hodnotě posuvu dosáhla kvalita vytvořené třísky stupně 8. U destičky P04 byl zjištěn sice lepší průběh utváření než u P01, ovšem oproti destičkám P02 a P03 bylo utváření třísky horší zejména při nižších hodnotách posuvu.

Naproti tomu při poslední zkoušené hloubce řezu 0,8mm se ukázala nejvyšší hodnota výšky utvařeče jako ideální, utváření probíhalo, narozdíl od ostatních prototypů, již při hodnotě posuvu 0,1mm/ot. Nejhorší průběh utváření byl při této hloubce řezu zaznamenán u destičky

P03, u níž utváření začalo probíhat až při hodnotě posuvu 0,2mm/ot. Ostatní dva prototypy (P01 a P02) vykazovaly podobné výsledky, oba začaly utvářet třísku při posuvu 0,15mm/ot. Destička P01 utvářela třísku lépe při posuvech 0,15 a 0,2mm/ot., při hodnotě posuvu 0,3mm/ot bylo jejich chování obdobné a s rostoucí hodnotou posuvu se stávalo utváření lepší u prototypu P02.

5. Technicko ekonomické zhodnocení

Po důkladném prostudování všech výsledků, které poskytly provedené zkoušky zhotovených prototypových VBD a srovnání jejich vlastností v průběhu různých podmínek při soustružení a zohlednění všech doprovodných jevů, při zkouškách výsledovaných, bylo zjištěno, že pro velké hloubky řezu se nejlépe hodí destičky s malou výškou utvařeče a se snižující se řeznou hloubkou se postupně hodnota ideální výšky utvařeče pro dosažení co nejlepšího utváření třísky zvyšuje.

Destičky s velkou výškou utvařeče dosahovaly při velkých hloubkách řezu dobrého utváření třísky až při vysokých hodnotách posuvu, což však bylo, jak již bylo výše zmíněno, doprovázeno tvrdým chodem, či odcházením třísky do plochy řezu. Destičky s malou výškou utvařeče se při malých hloubkách utvařeče chovají podobně, utváření je dobré až při vyšších hodnotách posuvu.

Z ekonomického hlediska je nejuniverzálnějším typem VBD destička P01. Všechny prototypové destičky lze využít při hodnotě posuvu 0,25mm/ot., ovšem destička P01 vykazuje nejlepších výsledků při vyšších hodnotách hloubky řezu, tedy 3,5 – 5mm a ostatní prototypové destičky při hloubkách řezu činících 1,5mm a méně.

Z předchozích tvrzení tedy logicky vyplývá, že z hlediska ekonomiky a efektivity provozu je nejlepším prototypem VBD prototyp P01, neboť velká hloubka třísky, kterou je destička schopna odebrat při dobrém utváření třísky je důvodem dvojnásobné produktivity práce daného prototypu.

Závěr

V této práci je popsána teorie vlivu výšky utvařeče na průběh utváření třísky. V následující části práce byl zkoumán samotný vliv konkrétních parametrů utvařeče na čtyřech navržených a zhotovených prototypových VBD. Z výsledků, získaných experimentem vyplývá, že prototypy s malými hloubkami utvařeče se hodí spíše pro velké hloubky řezu, ovšem při vysokých posuvech je lze užít taktéž ke středním hloubkám řezu. Naproti tomu prototypy s velkými výškami utvařeče se hodí nejlépe pro použití při obrábění za malých hloubek řezu.

Seznam použité literatury:

- [1] Mechanická zatížení a řezné geometrie při soustružnických operacích. *Řízení a údržba průmyslového podniku* [online]. [cit. 2016-03-20]. Dostupné z:
[http://udrzbapodniku.cz/index.php?id=47&no_cache=1&tx_ttnews\[tt_news\]=6220&cHash=0174c4b1c6&type=98](http://udrzbapodniku.cz/index.php?id=47&no_cache=1&tx_ttnews[tt_news]=6220&cHash=0174c4b1c6&type=98)
- [2] Interní materiály firmy Dormer Pramet s.r.o., Výroba vyměnitelných břitových destiček
- [3] Příručka obrábění. *TEAGUTEC* [online]. [cit. 2016-02-10]. Dostupné z:
http://www.taegutec.cz/innotool/prirucka_obrabeni.php
- [4] Profil společnosti. *DORMER PRAMET* [online]. [cit. 2016-01-12]. Dostupné z:
<http://www.dormerpramet.com/cs-cz/company/who-we-are?country=cz>
- [5] AB SANDVIK COROMANT – SANDVIK CZ s.r.o Příručka obrábění – Kniha pro praktiky. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cuttign – A Practical Handbook. ISBN 91-97 22 99-4-6
- [6] PRAMET TOOLS, s.r.o. Šumperk, ČR. Soustružení 2010. [online]. [cit. 2016-04-29]. Dostupné z:
<http://www.pramet.com/download/katalog/pdf/Turning%202010%20CZ%20prog.pdf>
- [7] HUMÁR, Anton. *Technologie I – Technologie obrábění – 1. Část*. Studijní opory pro magisterskou formu studia. VUT v Brně, FSI, 2003. 138 stran. [online]. [cit. 2011-07-05]. Dostupné z: <http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/?page=op>
- [8] Návod k používání číslicově řízeného soustrunu S80i. Sezimovo ústí: KOVOSVIT MAS, a.s
- [9] *ECatalog Pramet Tools s.r.o.* [online]. Šumperk, 2016 [cit. 2016-04-17]. Dostupné z:
<http://ecat.pramet.com/default.aspx>
- [10] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky*. 4., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2008. ISBN 978-80-7361-051-7.

Seznam obrázků

Obr. 1: Schéma upnutí dle ISO P	18
Obr. 2: Schéma upnutí dle ISO M	19
Obr. 3: Schéma upnutí dle ISO S	199
Obr. 4: Schéma upnutí dle ISO C	20
Obr. 5: Schéma upnutí dle ISO G	20
Obr. 6: Schéma upnutí dle ISO X	20
Obr. 7: Přehled vyráběných typů soustružnických VBD	21
Obr. 9: Vliv zatížení na životnost VBD	25
Obr. 10: Popis řezné geometrie VBD	28
Obr. 11: Podnikový třídník třísek	30
Obr. 12: Obráběcí stroj MAS S80i	31
Obr. 13: Zvolený nožový držák	32
Obr. 14: Zkušební válec	33
Obr. 15: Destička CNMM 120408	34
Obr. 16: Nákres prototypové destičky P01	34
Obr. 17: Zkoušené prototypové VBD	35
Obr. 18: Prototyp P01	356
Obr. 19: Odebrané třísky dle řezných parametrů (prototyp P01)	37
Obr. 20: Prototyp P02	38
Obr. 21: Odebrané třísky dle řezných parametrů (prototyp P02)	39
Obr. 22: Prototyp P03	40
Obr. 23: Odebrané třísky dle řezných parametrů (prototyp P03)	41
Obr. 24: Prototyp P04	42
Obr. 25: Odebrané třísky dle řezných parametrů (prototyp P04)	433

Seznam tabulek

Tabulka 1: Značení těla nože (nožového držáku)	23
Tabulka 2: Parametry obráběcího stroje MAS S80i	31
Tabulka 3: Parametry nožového držáku	32
Tabulka 4: Chemické složení materiálu.....	33
Tabulka 5: Mechanické vlastnosti materiálu	33
Tabulka 6: Rozměrové parametry destičky CNMM 120408.....	34
Tabulka 7: Označení navržených prototypů a jejich výšky utvařeče	34
Tabulka 8: Průběh utváření prototypové VBD P01	37
Tabulka 9: Průběh utváření prototypové VBD P02	39
Tabulka 10: Průběh utváření prototypové VBD P03	41
Tabulka 11: Průběh utváření prototypové VBD P04	43